II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 JENIS JEMBATAN

Jembatan dapat didefinisikan sebagai suatu konstruksi atau struktur bangunan yang menghubungkan rute atau lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan raya, jalan kereta api, dan perlintasan lainnya. Konstruksi suatu jembatan terdiri dari bangunan atas, bangunan bawah dan pondasi. Sesuai dengan istilahnya bangunan atas berada pada bagian atas suatu jembatan yang berfungsi untuk menampung semua beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas kendaraan atau orang yang kemudian disalurkan ke bagian bawah. Sedang bangunan bawah terletak di bawah bangunan atas yang berfungsi untuk menerima atau memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudi an menyalurkan ke pondasi. Pondasi berfungsi menerima beban -beban dari bangunan bawah lalu disalurkan ke tanah. Jenis pondasi tergantung dari kondisi tanah dasarnya, dapat menggunakan tiang pancang, tiang bor, atau sumuran.

Jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe struktur sekarang ini telah mengalami perkembangan pesat sesuai dengan kemajuan jaman dan teknologi, mulai dari yang sederhana sampai pada konstruksi yang mutakhir.

Berdasarkan fungsinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut.

1) Jembatan jalan raya (*highway bridge*),
2) Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*),
3) Jembatan pejalan kaki atau penyeberangan (*pedestrian bridge*).

Berdasarkan lokasinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut.

1) Jembatan di atas sungai atau danau,
2) Jembatan di atas lembah,
3) Jembatan di atas jalan yang ada (*fly over*),
4) Jembatan di atas saluran irigasi/drainase (*culvert*),
5) Jembatan di dermaga (*jetty*).

Berdasarkan bahan konstruksinya, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

1) Jembatan kayu (*log bridge*),
2) Jembatan beton (*concrete bridge*),
3) Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*),
4) Jembatan baja (*steel bridge*),
5) Jembatan komposit (*compossite bridge*).

Berdasarkan tipe strukturnya, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

1) Jembatan plat (*slab bridge*),
2) Jembatan plat berongga (*voided slab bridge*),
3) Jembatan gelagar (*girder bridge*),
4) Jembatan rangka (*truss bridge*),
5) Jembatan pelengkung (*arch bridge*),
6) Jembatan gantung (*suspension bridge*),

7) Jembatan kabel (*cable stayed bridge*),

8) Jembatan cantilever (*cantilever bridge*).

2.2 STRUKTUR JEMBATAN

Secara umum struktur jembatan dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah.

2.2.1 Struktur Atas (*Superstructures*)

Struktur atas jembatan merupakan bagian yang menerima beban langsung yang meliputi berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu-lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki, dll.

Struktur atas jembatan umumnya meliputi :

a) Trotoar :

b) Sandaran dan tiang sandaran,

c) Peninggian trotoar (*Kerb*),

d) Slab lantai trotoar.

e) Slab lantai kendaraan,

f) Gelagar (*Girder*),

g) Balok diafragma,

h) Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan melintang),

i) Tumpuan (*Bearing*).

2.2.2 Struktur Bawah (*Substructures*)

Struktur bawah jembatan berfungsi memikul seluruh beban struktur atas dan beban lain yang ditumbulkan oleh tekanan tanah, aliran air dan hanyutan, tumbukan, gesekan pada tumpuan dsb. untuk kemudian disalurkan ke fondasi. Selanjutnya beban-beban tersebut disalurkan oleh fondasi ke tanah dasar.

Struktur bawah jembatan umumnya meliuputi :

a. Pangkal jembatan (*Abutment*),
   - Dinding belakang (*Back wall*),
   - Dinding penahan (*Breast wall*),
   - Dinding sayap(*Wing wall*),
   - Oprit, plat injak (*Approach slab*)
   - Konsol pendek untuk *jacking* (*Corbel*),
   - Tumpuan (*Bearing*).
b. Pilar jembatan (*Pier*)
   - Kepala pilar (*Pier Head*),
   - Pilar (*Pier*), yg berupa dinding, kolom, atau portal,
   - Konsol pendek untuk *jacking* (*Corbel*),
   - Tumpuan (*Bearing*).

2.2.3 Fondasi

Fondasi jembatan berfungsi meneruskan seluruh beban jembatan ke tanah dasar. Berdasarkan sistimnya, fondasi *abutment* atau *pier* jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam jenis, antara lain :

a) Fondasi telapak (*spread footing*)

b) Fondasi sumuran (*caisson*)

c) Fondasi tiang (*pile foundation*)

- Tiang pancang kayu (*Log Pile*),
- Tiang pancang baja (*Steel Pile*),
- Tiang pancang beton (*Reinforced Concrete Pile*),
- Tiang pancang beton prategang pracetak (*Precast Prestressed Concrete Pile*), *spun pile*,
- Tiang beton cetak di tempat (*Concrete Cast in Place*), *borepile, franky pile,*
- Tiang pancang komposit (*Compossite Pile*).

2.3 KRITERIA PERENCANAAN JEMBATAN

2.3.1 Survei dan Investigasi

Dalam perencanaan teknis jembatan perlu dilakukan survei dan investigasi yang meliputi :

a) Survei tata guna lahan,

b) Survei lalu-lintas,

c) Survei topografi,

d) Survei hidrologi,

e) Penyelidikan tanah,

f) Penyelidikan geologi,

g) Survei bahan dan tenaga kerja setempat.

Hasil survei dan investigasi digunakan sebagai dasar untuk membuat rancangan teknis yang menyangkut beberapa hal antara lain :

1) Kondisi tata guna lahan, baik yang ada pada jalan pendukung maupun lokasi jembatan berkaitan dengan ketersediaan lahan yang ada.
2) Ketersediaan material, anggaran dan sumberdaya manusia.
3) Kelas jembatan yang disesuaikan dengan kelas jalan dan volume lalu lintas.
4) Pemilihan jenis konstruksi jembatan yang sesuai dengan kondisi topografi, struktur tanah, geologi, hidrologi serta kondisi sungai dan perilakunya.

2.3.2 Konstruksi Existing

- Bangunan atas jembatan hasil design bangunan menggunakan standard BM-70 dengan bentang 12 m
- Tebal pelat 20 cm dengan gelagar balok T 40x100 cm dengan analisis menggunakan metode *Ultimate*.
- Pondasi menggunakan abutment dan sumuran 2 Ø 1,5 m.

Dalam kajian ini nasih menggunakan dimensi existing dengan analisis kekuatan batas.

2.3.3 Pemilihan Lokasi Jembatan

Dasar utama penempatan jembatan sedapat mungkin tegak lurus terhadap sumbu rintangan yang dilalui, sependek, sepraktis dan sebaik mungkin untuk dibangun di atas jalur rintangan.

Beberapa ketentuan dalam pemilihan lokasi jembatan dengan memperhatikan kondisi setempat dan ketersediaan lahan adalah sebagai berikut :

a) Lokasi jembatan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak menghasilkan kebutuhan lahan yang besar sekali.
b) Lahan yang dibutuhkan harus sesedikit mungkin mengenai rumah penduduk sekitarnya, dan diusahakan mengikuti as jalan existing.
c) Pemilihan lokasi jembatan selain harus mempertimbangkan masalah teknis yang menyangkut kondisi tanah dan karakter sungai yang bersangkutan, juga harus mempertimbangkan masalah ekonomis serta keamanan bagi konstruksi dan pemakai jalan.

2.3.4 Bahan Konstruksi Jembatan

Dalam memilih jenis bahan konstruksi jembatan secara keseluruhan harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Biaya konstruksi,
2. Biaya perawatan,
3. Ketersediaan material,

4. Flexibilitas (konstruksi dapat dikembangkan atau dilaksanakan secara bertahap),
5. Kemudahan pelaksanaan konstruksi,
6. Kemudahan mobilisasi peralatan.

2.4 PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN

Perencanaan struktur jembatan yang ekonomis dan memenuhi syarat teknis ditinjau dari segi keamanan serta rencana penggunaannya, merupakan suatu hal yang sangat penting untuk diupayakan. Dalam perencanaan teknis jembatan perlu dilakukan identifikasi yang menyangkut beberapa hal antara lain :

1) Kondisi tata guna lahan, baik yang ada pada jalan pendukung maupun lokasi jembatan berkaitan dengan ketersediaan lahan yang ada.
2) Kelas jembatan yang disesuaikan dengan kelas jalan dan volume lalu lintas.
3) Struktur tanah, geologi dan topografi serta kondisi sungai dan perilakunya.
4) Pemilihan jenis struktur dan bahan konstruksi jembatan yang sesuai dengan kondisi medan, ketersediaan material dan sumber daya manusia yang ada.
5) Penguasaan tentang teknologi perencanaan, metode pelaksanaan, peralatan, material/ bahan mutlak dibutuhkan dalam perencanaan jembatan.

6) Analisis Struktur yang akurat dengan metode analisis yang tepat agar diperoleh hasil perencanaan jembatan yang optimal.

Metode perencanaan struktur jembatan yang digunakan ada dua macam, yaitu Metode perencanaan ultimit (*Load Resistant Factor Design, LRFD*) dan Metode perencanaan tegangan ijin (*Allowable Stress Design, ASD*). Perhitungan struktur atas jembatan umumnya dilakukan dengan metode ultimit dengan pemilihan faktor beban ultimit sesuai peraturan yang berlaku. Metode perencanaan tegangan ijin dengan beban kerja umumnya digunakan untuk perhitungan struktur bawah jembatan (fondasi). Untuk tipe jembatan simple girder, perhitungan dapat dilakukan secara manual dengan Excel. Untuk tipe jembatan yang berupa rangka, perhitungan struktur dilakukan dengan komputer berbasis elemen hingga (*finite element*) untuk berbagai kombinasi pembebanan yg meliputi berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu-lintas kendaraan (beban lajur, rem, pedestrian), dan beban pengaruh lingkungan (temperatur, angin, gempa) dengan pemodelan struktur 3-D (*space-frame*). Metode analisis yang digunakan adalah analisis linier metode matriks kekakuan langsung (*direct stiffness matriks*) dengan deformasi struktur kecil dan material isotropic. Program komputer yang digunakan untuk analisis adalah SAP2000. Dalam program tersebut berat sendiri struktur dan massa struktur dihitung secara otomatis.

Tabel 2.1 Kebutuhan Material dan Pekerjaan

Bentang	Beton		Tulangan	Pipa Sandaran Jembatan	Lapisan pekerjaan
	Mutu K.225	Mutu B(1) 100			
(m)	(m^3)	(m^3)	(kg)	(m)	(m^2)
5,00	16,504	2,90	2555	23,20	40,60
6,00	18,208	3,40	2819	27,20	47,60
7,00	22,178	3,90	2433	31,20	54,60
8,00	25,405	4,40	3932	35,20	61,60
9,00	29,524	4,90	4570	39,20	68,60
10,00	46,543	5,41	7205	43,20	75,60
11,00	50,527	5,90	7822	47,20	82,60
12,00	56,746	6,40	9204	51,20	89,60
13,00	62,998	6,90	9862	55,20	96,60
14,00	70,708	7,40	12140	59,20	103,60
15,00	75,257	7,90	12719	63,20	110,60
16,00	82,909	8,40	14123	67,20	117,60
17,00	89,929	8,90	15055	71,20	124,60
18,00	105,419	9,40	16888	75,20	131,60
19,00	117,133	9,90	18423	79,20	138,60
20,00	135,842	10,40	20615	83,20	145,60
21,00	172,651	10,90	21938	87,20	152,60
22,00	195,527	11,40	23417	91,20	159,60
23,00	208,801	11,90	26773	95,20	166,60
24,00	228,053	12,40	30756	99,20	173,60
25,00	243,739	12,90	32477	103,20	180,60

Sumber : http://mnoerilham.blogspot.com 20.31 WIB 10 mei 2014.

Berikut adalah beberapa komponen dari jembatan:

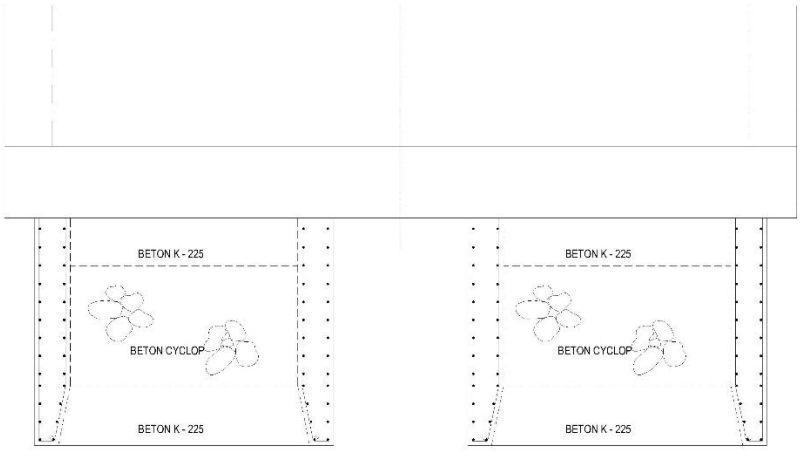
2.4.1 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang (pile foundation) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing

yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama dari tiang adalah kayu, baja (*steel*), dan beton.

Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, di bor ke dalam tanah dan dihubungkan dengan Pile cap (*poer*). Tergantung juga pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang diklasifikasikan berbeda-beda. Pondasi tiang sudah digunakan sebagai penerima beban dan sistem transfer beban bertahun-tahun. Pada awal peradaban, dari komunikasi, pertahananan, dan hal-hal yang strategis dari desa dan kota yang terletak dekat sungai dan danau. Oleh sebab itu perlu memperkuat tanah penunjang dengan beberapa tiang. Tiang yang terbuat dari kayu (timber pile) dipasang dengan dipukul ke dalam tanah dengan tangan atau lubang yang digali dan diisi dengan pasir dan batu.

2.4.2 Pondasi Sumuran



Gambar 2.1 Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi ini digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam. Jenis pondasi dalam yang dicor ditempat dengan menggunakan komponen beton dan batu belah sebagai pengisinya.

Pada umumnya pondasi sumuran ini terbuat dari beton bertulang atau beton pracetak, yang umum digunakan pada pekerjaan jembatan di Indonesia adalah dari silinder beton bertulang dengan diameter 250 cm, 300 cm, 350 cm, dan 400 cm.

2.4.3 Gelagar Jembatan

Balok gelagar merupakan komponen struktur lentur yang tersusun dari beberapa elemen pelat. Balok gelagar pada dasarnya adalah balok dengan ukuran penampang melintang yang besar serta bentang yang panjang. Penampang melintang yang besar tersebut merupakan konsekuensi dari panjangnya bentang balok.

Definisi lainnya yaitu Gelagar plat (*girder plate*), yaitu balok yang dibentuk dari elemen-elemen pelat untuk mencapai penataan bahan yang lebih effisien dibanding dengan yang biasa peroleh dari balok profil pabrikasi. Ada dua kegagalan yang dapat terjadi pada komponen struktur lentur profil I yang mengalami lentur. Kegagalan pertama profil akan mengalami lateral-torsional buckling (tekuk lateral) yang diakibatkan adanya displacemen dan rotasi di tengah bentang, namun

hal ini tidak mengalami perubahan bentuk. Kegagalan kedua, profil akan mengalami *local buckling* (tekuk lokal) pada sayap tekan dan juga pada pelat badan, sehingga mengakibatkan berubahnya bentuk profil, hal ini diakibatkan oleh adanya rasio kelangsingan yang relatif sangat besar antara tinggi pelat badan terhadap tebalnya (h/t). Hal tersebut dapat diatasi dengan cara memasang pertambatan lateral diantara kedua tumpuannya. Beban yang diterima oleh girder biasanya sangat besar, sehingga jika kita menggunakan profil hasil pabrikasi (profil standar), akan menghasilkan berat sendiri yang cukup besar pula, sehingga tidak effisien. Salah satu jalan untuk mengurangi berat sendiri, yaitu dengan cara mempertinggi profil (membuat profil yang tidak standar). Namun dengan cara ini akan mengakibatkan profil menjadi langsing dan akan mengalami *local buckling* bagian badan profil, atau dengan kata lain bahwa profil akan berubah bentuknya.

Aplikasi balok gelagar pada dunia konstruksi pada umumnya digunakan untuk konstruksi jembatan. Pada konstruksi jembatan, gelagar digunakan pada struktur atas. Fungsi gelagar pada jembatan adalah memikul beban dari struktur yang berada di atasnya, kemudian meneruskan beban tersebut ke abutment dan diteruskan lagi ke poer. Teknologi terbaru dalam balok gelagar adalah gelagar baja dengan system flens prategang yaitu dengan penambahan kabel baja / strand yang letakan pada flens bagian bawah gelagar guna meningkatkan kapasitas gelagar baja dengan adanya momen balik (negatif momen) untuk mengurangi momen positif. Penambahan

kabel baja / strand pada gelagar baja komposit dapat mengurangi penggunaan baja struktur gelagar baja komposit sehingga dapat mereduksi berat sendiri baja dan mengurangi biaya konstruksi. Pada awalnya teknologi ini dimuai dengan adanya teknologi perkuatan gelagar baja komposit dengan sistem eksternal *prestressing*. Dengan demikian teknologi ini gelagar baja komposit yang telah terpasang lama dapat ditingkatkan kapasitasnya. Akan tetapi pada beberapa kondisi perkuatan dengan sistem eksternal prestresing terdapat kelemahan yaitu dengan adanya kebutuhan eksentrisitas yang lebih untuk meningkatkan momen balik (negatif) sehingga dengan adanya eksentrisitas tersebut dapat mengurangi tinggi bebas di bawah jembatan. Untuk itu dilakukan pengkajian agar tidak mengurangi tinggi bebas dan ditemukan metode perkuatan dengan sistem gelagar.